

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-186171

(43)Date of publication of application : 15.07.1997

(51)Int.CI.

H01L 21/331  
H01L 29/73  
H01L 21/265

(21)Application number : 08-326323

(71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 06.12.1996

(72)Inventor : HAM THOMAS EDWARD  
KIZILYALLI ISIK C

(30)Priority

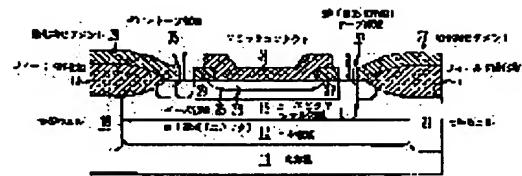
Priority number : 95 581665 Priority date : 29.12.1995 Priority country : US

## (54) BIPOLAR TRANSISTOR MANUFACTURING METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a high speed element having a high collector current without deteriorating the performance about the initial voltage and punch-through.

**SOLUTION:** An n-epitaxial region 15 to be a collector region is formed on a p-type substrate 11. In ions are implanted in the region 15 to form a base region 25 and an emitter region 33 adjacent to the base region 25 is formed. The base formed by doping In forms a high speed transistor having a narrow base. Owing to the imperfect ionization of the In dopant, an element having a high collector current without deteriorating the performance about the initial voltage and punch-through can be formed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

**BEST AVAILABLE COPY**

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-186171

(43)公開日 平成9年(1997)7月15日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 0 1 L 21/331  
29/73  
21/265

識別記号 庁内整理番号

F I  
H 0 1 L 29/72  
21/265

技術表示箇所  
A

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全5頁)

(21)出願番号 特願平8-326323

(22)出願日 平成8年(1996)12月6日

(31)優先権主張番号 5 8 1 6 6 5

(32)優先日 1995年12月29日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 596077259

ルーセント テクノロジーズ インコーポ  
レイテッド  
Lucent Technologies  
Inc.

アメリカ合衆国 07974 ニュージャージ  
ー、マレーヒル、マウンテン アベニュー  
600-700

(72)発明者 トーマス エドワード ハム  
アメリカ合衆国、34744 フロリダ、キッ  
シムニー、リーガル オーク ドライブ  
1617

(74)代理人 弁理士 三俣 弘文

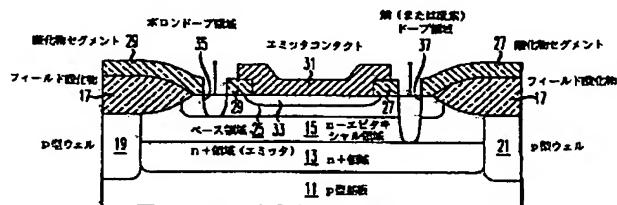
最終頁に続く

(54)【発明の名称】バイポーラトランジスタの製造方法

(57)【要約】

【課題】 高速で高いコレクター電流を有しながら、初期電圧とパンチスルーの性能劣化のないバイポーラ素子を提供する。

【解決手段】 半導体基板11上に第1のn型ドープ領域を形成してコレクタ領域15を形成し、このn型ドープ領域(コレクタ領域)15にインジウムイオンを注入してベース領域25を形成し、その後ベース領域25に接触してエミッタ領域33を形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 (A) 半導体基板(11)にコレクタ領域となる第1のn型ドープ領域(15)を形成するステップ(図1)と、

(B) 前記n型ドープ領域(15)にインジウムイオン(23)を注入してベース領域(25)を形成するステップ(図2)と、

(C) 前記ベース領域(25)と接触してエミッタ領域(33)を形成するステップ(図3, 4)とからなることを特徴とするバイポーラトランジスタの製造方法。

【請求項2】 前記インジウム(23)は、20KeV～200KeVのエネルギーでもって注入されることを特徴とする請求項1の方法。

【請求項3】 前記インジウム(23)は、 $10^{12} \sim 10^{15}$  cm<sup>-2</sup>のドーズ量でもって注入されることを特徴とする請求項1の方法。

【請求項4】 前記(C)のステップは、

(C1) 前記ベース領域(25)上に、前記ベース領域を露出する開口を有するパターン化酸化物層(27)を形成するステップと、

(C2) 前記開口内にポリシリコン(31)を堆積しドーピングするステップと、

(C3) 前記ポリシリコン(31)からドーパントを前記領域内に導出するために、前記ドープしたポリシリコンを加熱するステップとからなることを特徴とする請求項1の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、バイポーラトランジスタの製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 バイポーラトランジスタとバイポーラ集積回路は、速度が優先するアプリケーションに広く用いられている。

【0003】 様々な製造プロセスを用いてバイポーラ集積回路を形成している。例えば以下の参考文献では、一般的な製造方法を示している。BICMOS Technology and Applications, Second Edition (A. R. Alvarez 著, Kluwer Academic Publishers, 1993.)

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、バイポーラ技術でもってより高速でより高いコレクター電流を有しながら、初期電圧とパンチスルーよの性能劣化のない素子を提供することである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、半導体基板上に第1のn型ドープ領域(コレクタ領域)を形成し、インジウムイオンをこのn型ドープ領域に注入してベース領域を形成し、その後ベース領域に接触してエミッタ領域を形成することを特徴とする。

## 【0006】

【発明の実施の形態】 図1において、p型基板11の上にn+領域13とn-エピタキシャル領域15が堆積される。一方、フィールド酸化物17が形成され、その下にp型ウェル19と21がそれぞれ形成される。この図1の構造体は、多くのバイポーラトランジスタの形成プロセスの開始点としての従来の構造である。通常このp型ウェル19, 21は、ボロンでドーピングされる。一方、領域13は、砒素あるいはアンチモンでドーピングされ、その濃度は、 $10^{19} \sim 10^{21}$  cm<sup>-3</sup>である。領域15は、燐または砒素でドーピングされ、その濃度は、 $10^{15} \sim 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>である。

【0007】 図2において、インジウム23でもってイオン注入し、そのときのエネルギーは20KeV～200KeVで、ドーズ量は、 $10^{12} \sim 10^{15}$  cm<sup>-2</sup>である。このインジウムドーパントが、ベース領域25を形成する。以下に説明するように、インジウムをドーピングしてできたベースは、高速且つ狭いベースを有するトランジスタとなる。さらにはまた、インジウムドーパントの不完全なイオン化により、高いコレクタ電流と初期電圧とベースパンチスルーよの性能劣化のない素子の形成が可能となる。例えば、ベース領域の幅が150～1500オングストロームの場合には、ベースをBF<sub>2</sub>あるいはボロンでそのドーズ量が $10^{12} \sim 10^{14}$  cm<sup>-2</sup>で、エネルギーが20KeV～100KeVでドーピングするのが好ましい。

【0008】 図3においてブランケット酸化物層が形成され、パターン化されて、酸化物セグメント27, 29が残る。その後ポリシリコン製のブランケット層が1000～3000オングストロームの厚さで堆積される。その後このポリシリコン層をパターン化してエミッタコンタクト31を形成する。次にエミッタコンタクト31に砒素または燐で通常50～100KeVのエネルギーで $10^{16}$  cm<sup>-2</sup>のドーズ量でもって注入する。

【0009】 次に図4において、急速熱アニール(rapid thermal anneal (RTA))あるいは炉内ドライブイン(furnace drive-in)を実行する。ポリシリコン製のエミッタコンタクト31からの砒素あるいは燐のドーパントが導出されて、n'領域33を形成する。かくして、エミッタ33、ベース領域25、コレクタ15を有するバイポーラトランジスタが形成される。このトランジスタのベース幅は、図4でW<sub>b</sub>で示される。

【0010】 次に図5において、酸化物セグメント29, 27がパターン化されて、ボロンと燐(または砒素)のイオン注入を実行してドープ領域35, 37をそれぞれ形成し、これらはそれぞれベース領域25、コレクタ15に対する接点として機能する。

【0011】 次に、エミッタプロファイルとベースプロファイルとが同一の2個のバイポーラトランジスタに対し、一方はインジウムをドープしたベースを有するトランジスタ

ンジスタの場合には、ボロンをドープしたベースを有するトランジスタに比較して、より高いゲイン ( $h_{FE}$ ) と、より高いコレクタ電流を有するが、初期電圧 ( $V_A$ ) の性能劣化はないことを以下に示す。さらにまた、同一のコレクタ電流 ( $I_C$ ) とゲイン ( $h_{FE}$ ) を有する2個のバイポーラトランジスタに対し、インジウムをベースのドーパントとして用いたものは、ボロンをベースのドーパントとして用いたものに比較して、より高い初期電圧 ( $V_A$ ) を有することが示された。

【0012】ベース幅が  $W_B$  で、ベースアクセプタードー

$$I_C \approx \frac{qAn_{ib}^2 D}{W_B} \cdot e^{-\frac{qV_{BE}}{kT}} \int_0^{W_B} pdx$$

ピングは  $N_B$  のトランジスタに対しては、初期電圧は以下で示される。

【数1】

$$V_A = \frac{qN_B W_B^2}{\epsilon_s} \quad (1)$$

このトランジスタのコレクタ電流 ( $I_C$ ) は、次式で示される。

【数2】

(2)

ここで、 $q$ 、 $A$ 、 $N_i$ 、 $D$ は定数で、 $V_{BE}$ は印加電圧である。以下の積分は、ガンメル数である。

【数3】

$$\int_0^{W_B} pdx$$

ここで  $p$  は疑似中性ベース (quasi-neutral base) のホール濃度である。それ故にコレクタ電流は、ガンメル数を減少することにより増加し、さらに疑似中性ベース内の積分ホール濃度を減少することにより増加する。ペー

$$I_C = \frac{qAn_{ib}^2 D}{N_B \cdot W_B} e^{-\frac{qV_{BE}}{kT}} \quad (3)$$

ベース電流は、次式で与えられる。(ただしベース電流は、ホールのエミッタへの注入に起因するトランジスタ

スドーパントがボロンの場合 (ボロンは価電子帯 (valence band) から 4.5 meV のアクセプタ状態を有する) には、一般的な動作温度では、全てのこれらのアクセプタ状態はイオン化され、ホール濃度はドーピング濃度に等しくなる、即ち  $p = N_B$  である。

【0013】ボロンをベースドーパントとして使用した場合には、コレクタ電流は、ベースドーピング濃度に反比例する。

【数4】

と仮定して)

【数5】

(4)

よりも高い 1.56 meV であり、室温では完全にはイオン化されないからである。このことは、D. Antoniadis および J. Moskovitz 著の Journal of Applied Physics, Vol. 53, pp. 9214-9216 1982 に記載されたイオン化アクセプタ ( $N^-$ ) の番号で公知である。

【数7】

$$N^- = \frac{N_B}{1 + \frac{pg_A}{N_V} e^{-\frac{\Delta E_{av}}{kT}}} \quad (6)$$

疑似中性ベース  $p = N^-$  のイオン化アクセプタの場合には、式 (6) は、以下の  $p$  の式で表される。

【数8】

$$h_{IE} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{N_E \cdot X_E}{N_B \cdot X_B} \quad (5)$$

【0014】インジウムをベースドーパントとして用いた場合には、式 (2) が成立する。しかし、 $p$  は  $N_B$  に等しくない。実際には、 $p$  は  $N_B$  よりはるかに小さい。その理由は、インジウムのアクセプタ状態は、価電子帯

$$p = \frac{-\frac{N_v}{g_c \frac{\Delta E_{in}}{kT}} + \sqrt{\frac{N_v^2}{g_c^2} \frac{2\Delta E_{in}}{kT} + \frac{4N_B N_v}{g_A e \frac{\Delta E_{in}}{kT}}}}{2} \quad (7)$$

ここで、 $N_v = 1.02 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ,  $g = 4$ ,  $\Delta E_{in} = 0.156 \text{ eV}$ ,  $N_B$  = ベースドーピングである。

$N_B = 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  の場合には、 $p = 1.7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  (非常に濃いベースドーピング) で、そのため

$p$  は  $N_B$  よりはるかに小さい。これは、ボロンをドープ 10

$$I_C (\text{インジウム}) \propto \frac{1}{P \cdot W_B} \gg \frac{1}{N_B W_B} \approx I_C (\text{ポロン}) \quad (8)$$

$P \ll N_B$  ゆえ

トランジスタゲイン  $h_{fe}$  は、次式となる。ただし  $I_B$  は、両方について同一とする。

$$\begin{aligned} h_{fe} &\triangleq \frac{I_C}{I_B} \\ \frac{I_C (\text{インジウム})}{I_B} &\gg \frac{I_C (\text{ポロン})}{I_B} \\ h_{fe} (\text{インジウム}) &\gg h_{fe} (\text{ポロン}) \end{aligned} \quad (9)$$

次に、これら 2 種類の素子が、同一 (ほぼ等しい) 初期電圧を有することを以下に示す。ボロンをドープしたベースと、インジウムをドープしたベースに対する初期電圧は等しいが、その理由は、初期電圧はコレクターベース接合部の逆バイアス特性に依存しているからである。この接合部に逆バイアスを掛けると接合領域はキャリア (ホールと電子) がディップレートされる (空になる)。式 (6) を用いると次のようになる。

### 【数11】

$$N^- = \frac{N_B}{1 + \frac{P \cdot g_A}{N_v} e^{-\frac{\Delta E_{in}}{kT}}} \quad \text{with } p = 0 \quad (10)$$

その結果  $N^- = N_B$  となる。すると、

### 【数12】

$$V_A = \frac{q N^- W_B^2}{\epsilon_s} = \frac{q N_B W_B^2}{\epsilon_s} \quad (11)$$

このため一定の初期電圧  $V_A$  に対しては、インジウムを用いることにより、 $h_{fe}$  を増加することができる。

【0015】同一のゲイン ( $h_{fe}$ ) を有する 2 個の素子 (一方はインジウムベースで、他方はボロンベース) では、インジウムベースの素子は、より大きな  $V_A$  を有する。ここで、 $W_B$  は一定とし、エミッタプロファイルは、同一とする。

### 【数13】

$$h_{fe} (\text{ポロン}) = \frac{1}{N_B W_B} \equiv \frac{1}{P \cdot W_B} = h_{fe} (\text{インジウム}) \quad (12)$$

その結果  $N_B$  (ボロン)  $\ll N_B$  (インジウム)、即ち同一のゲインを得るためにには、インジウムベースをより高

$$V_A (\text{ポロン}) = \frac{q N_B (\text{ポロン}) W_B^2}{\epsilon_s} \ll \frac{q N_B (\text{インジウム}) W_B^2}{\epsilon_s} \quad (13)$$

以上解析した結果、ベース内のバンドギャップ狭小化は、無視される。

### 【0016】

【発明の効果】インジウムを n-p-n バイポーラトランジスタの p ベース領域に対し、アクセプタードーピングとして用いると、以下のようない利点がある。

(1) インジウムは、ボロン (従来のベースドーピング) よりもはるかに遅く、拡散するので狭いベース幅

( $W_B$ ) と、より改良されたベース移動位相時間と  $f_T$  を有するトランジスタを形成できる。

(2) ボロンに比較してインジウムは、より深いアクセプターレベルを有する。このインジウムの特性を用いて、疑似中立ベースのガンメル数を減少させることができるが、一方ベースは、パンチスルーやすることがない。その理由は、インジウムアクセプタ状態の完全なイオン化がディップレーション領域 (空乏領域) で達成されるから

である。その結果、ボロンをドープしたベースの構造体に対し、より改良された  $h_{FE} \times V_A$  (ゲインー初期電圧の積) が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例によるトランジスタの製造プロセスのAステップを表す図

【図2】本発明の一実施例によるトランジスタの製造プロセスのBステップを表す図

【図3】本発明の一実施例によるトランジスタの製造プロセスのCステップを表す図

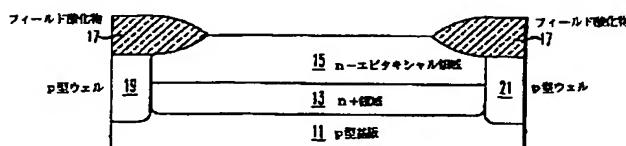
【図4】本発明の一実施例によるトランジスタの製造プロセスのCステップを表す図

【図5】本発明の一実施例によるトランジスタの製造プロセスの最終ステップを表す図

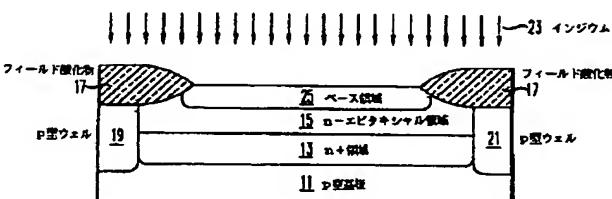
【符号の説明】

- 11 p型基板
- 13 n+領域
- 15 n-エピタキシャル領域 (コネクタ)
- 17 フィールド酸化物
- 19, 21 p型ウェル
- 23 インジウム
- 25 ベース領域
- 27, 29 酸化物セグメント
- 31 エミッタコンタクト
- 33 n+領域 (エミッタ)
- 35 ボロンドープ領域
- 37 硼 (または砒素) ドープ領域

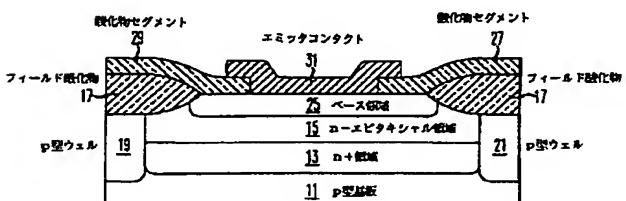
【図1】



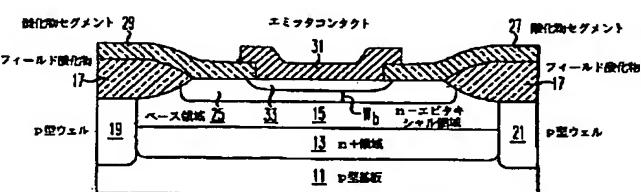
【図2】



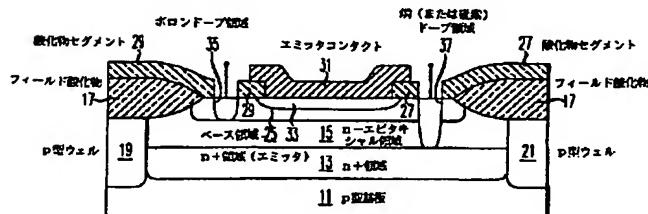
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(71)出願人 596077259

600 Mountain Avenue,  
Murray Hill, New Jersey 07974-0636 U. S. A.

(72)発明者 イシク シー. キジルヤリ

アメリカ合衆国、32819 フロリダ、オーランド、ダブルトレイス レーン 6535

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.